



Måling og beregning af samlet U-værdi for "Frederiksbergvindue", 1920 med koblede rammer

Laustsen, Jacob Birck

Publication date:
2007

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Laustsen, J. B. (2007). *Måling og beregning af samlet U-værdi for "Frederiksbergvindue", 1920 med koblede rammer*. Technical University of Denmark.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Jacob Birck Laustsen

Måling og beregning af samlet U-værdi for "Frederiksborgvindue", 1920 med koblede rammer



Sagsrapport
BYG·DTU SR07-04
2007
ISSN 1601-8605

Forord

Nærværende rapport beskriver arbejdet udført i forbindelse med projektet ”Måling og beregning af samlet U-værdi for ”Frederiksbergvindue”, 1920 med koblede rammer”. Projektet er gennemført på Danmarks Tekniske Universitet, BYG•DTU med støtte fra Raadvad-Centret v/Søren Vadstrup.

Formålet med projektet er at foretage praktiske og realistiske målinger af U-værdien for vinduer med koblede rammer og forsatsvinduer monteret i traditionelle etageejendomme i København med henblik på at eftervise, at de har de forventede energimæssige egenskaber bestemt ved beregninger.

Indholdsfortegnelse

Forord.....	2
Indholdsfortegnelse.....	3
1 Indledning	4
2 Beskrivelse af de undersøgte vinduer	4
2.1 Vindue 1: 1920 med koblede rammer, 1+1.	5
2.2 Vindue 2: 1920 med koblede rammer samt forsatsvindue i midterfeltet, 1+1. 8	
2.3 Ventilation af koblede rammer	9
2.4 Vindue 3: Nyt vindue med energiruder.	10
3 Måling af U-værdi.....	11
3.1 Målemetode.....	11
3.2 Ventilation af hulrum mellem glaslag.....	13
3.3 Måleresultater	14
4 Beregninger.....	15
4.1 Beregningsmetode til bestemmelse af U-værdi	15
4.2 Randbetingelser.....	15
4.3 Energitilskuddet	15
4.4 Beregningsresultater	16
5 Sammenligning af målte og beregnede U-værdier	17
6 Termografiske billeder.....	18
7 Konklusion.....	20
8 Referencer	21
Bilag 1. U-værdimåling for vindue 1, Horsensgade, koblede rammer.	22
Bilag 2. U-værdimåling for vindue 1, Horsensgade, koblede rammer. Spalte mellem rammer lukket med tape.....	23
Bilag 3. U-værdimåling for vindue 2, Florsgade, koblede rammer.	24
Bilag 4. U-værdimåling for vindue 3, Florsgade, forseglede energiruder.	24

1 Indledning

I forbindelse med projektet ” *Bestemmelse af de varmetekniske egenskaber af forsatsvinduer og gl. koblede vinduer – eksperimentelt og beregnet* ” / 1/ udført på DTU, blev de energimæssige egenskaber for vinduer med koblede rammer og forsatsvinduer beregnet og målt i DTU’s guarded hot box. Beregningerne var baseret på en særlig beregningsmetode udviklet på DTU/ 5/.

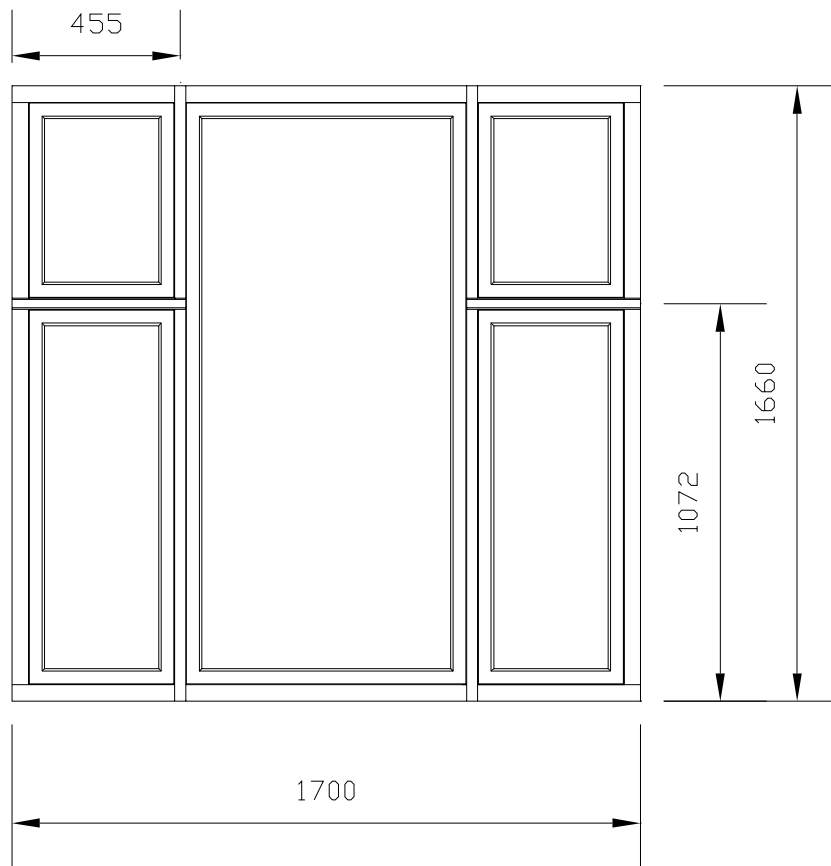
Resultaterne fra ovennævnte projekt viste, at der var en mindre afvigelse mellem resultaterne af den udviklede beregningsmetode og målingerne. Generelt var de målte U-værdier for vinduerne 7-9 % højere end de beregnede. Årsagen til dette skyldes måske at den udviklede beregningsmetode giver for optimistiske resultater, idet den ikke tager hensyn til de komplicerede konvektionsstrømme som opstår i ruder med store hulrum. En anden årsag kan være, at den påførte vindlast under målinger i guarded hot box på vinduets yderside giver anledning til en urealistisk høj grad af ventilation ind gennem hulrummet mellem glaslagene, idet de udvendige vinduesrammer i vinduer med koblede rammer eller forsatsvinduer ikke er tætnet af hensyn til risiko for kondensdannelse i hulrummet.

Dette har skabt behov for at foretage målinger af U-værdien for denne type vinduer under realistiske forhold dvs. ”in situ” målinger på vinduer monteret i typiske bygninger.

Formålet med projektet er således at udføre U-værdimålinger for konkrete vinduer med koblede rammer eller forsatsvinduer monteret i to etageejendomme i København vha. en simpel måleopstilling. De målte værdier skal sammenlignes med de tilsvarende beregnede værdier med henblik på at dokumentere, at vinduerne ved anvendelse i praksis, har de forventede energimæssige egenskaber.

2 Beskrivelse af de undersøgte vinduer

I undersøgelsen indgår to frederiksbervinduer med koblede rammer og forsatsvindue (1+1). Vinduerne er opbygget præcist som traditionelle gamle frederiksbervinduer med to oplukkelige felter i hver side og et stort felt i midten. Begge vinduerne er lavet af træ. De to vinduer er næsten ens men monteret i to forskellige ejendomme. For at sammenligne med traditionelle nye vinduer er der også målt på et tilsvarende typisk nyt vindue af træ med 2-lags energiruder. Vinduerne er vist og beskrevet i Figur 1 til Figur 9. De tre vinduer har alle ydre mål som vist i Figur 1.



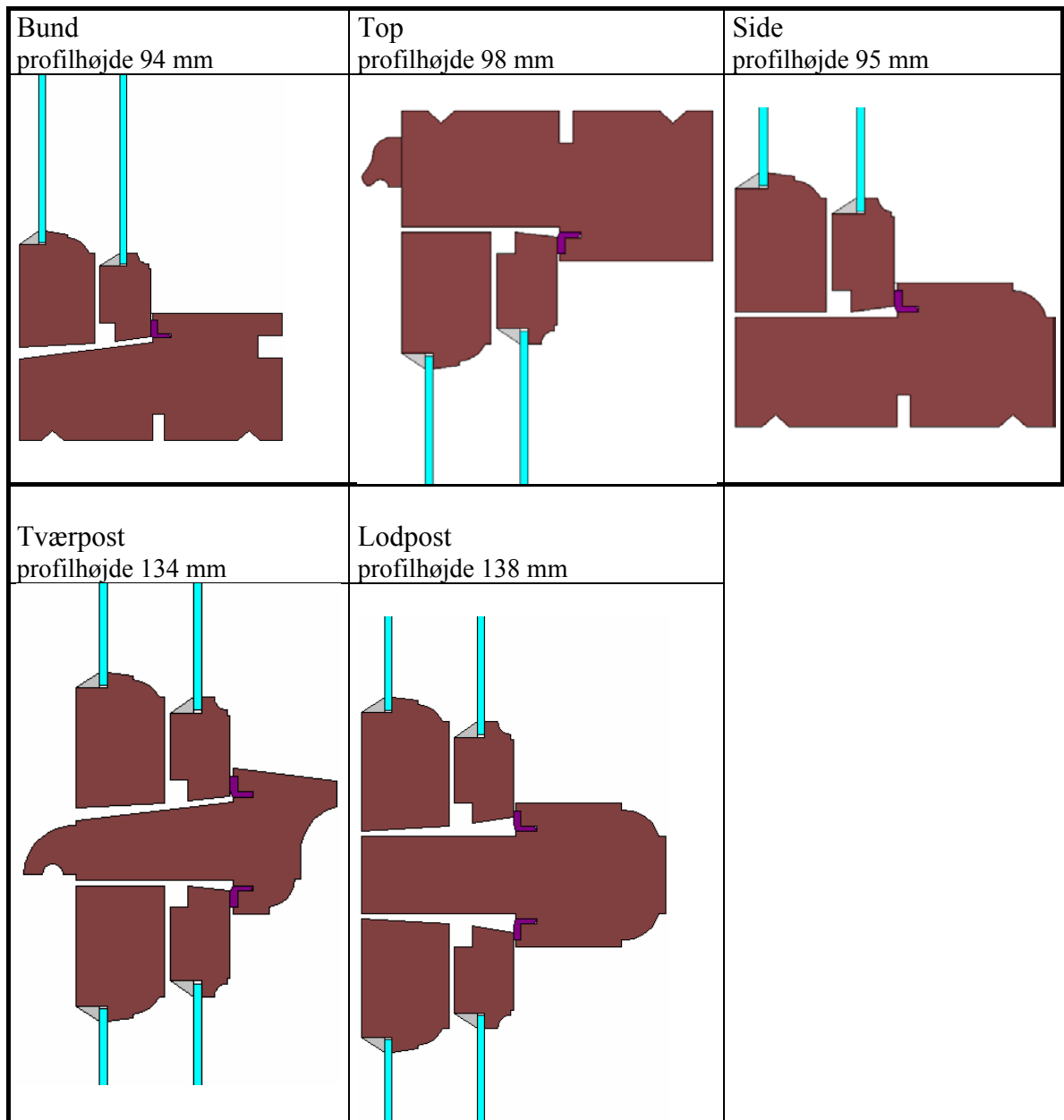
Figur 1. Udformning af de undersøgte frederiksborgvinduer. Mål i mm.

2.1 Vindue 1: 1920 med koblede rammer, 1+1.

Ramme/karm: Træ

Rude: 3 mm alm. float glas
33 mm hulrum (luft)
3 mm float glas med hård lavemissionsbelægning.

Vindue 1 har koblede rammer på alle fem vinduesrammer. Alle fem vinduesrammer er oplukkelige. På Figur 2 er der vist snittegninger af ramme/karmprofilerne i vindue 1.



Figur 2. Profiler i vinduet med koblede rammer.

På Figur 3 og Figur 4 er vindue 1 vist hhv. set indefra og set udefra. Vindue 1 er monteret i etageejendommen Horsensgade 10 - 12, på Østerbro i København. Se Figur 5.



Figur 3. Vindue 1 set indefra.



Figur 4. Vindue 1 set udefra



Figur 5. Ejendommen i Horsensgade på Østerbro i København hvor vindue 1 er monteret.

2.2 Vindue 2: 1920 med koblede rammer samt forsatsvindue i midterfeltet, 1+1.

Ramme/karm: Træ

Rude: 3 mm alm. float glas
33 mm hulrum (luft) (sidefelter med koblede rammer)
131 mm hulrum (luft) (midterfelt med forsatsvindue)
3 mm float glas med hård lavemissionsbelægning.

Det andet vindue der blev målt på svarer stort set til vindue 1, bortset fra at midterfeltet har forsatsvindue i stedet for koblet ramme. Bund- over og sideramme/karmprofilerne er identiske med de tilsvarende i vindue 1, se Figur 2. Af arkitektoniske årsager er midterfeltet ikke oplukkeligt udadtil men den indvendige forsatsramme er dog oplukkelig for at gøre det muligt at rengøre hulrummet. Vindue 2 er vist i Figur 6 til Figur 9.



Figur 6. Vindue 2 set indefra.



Figur 7. Vindue 2 set udefra.



Figur 8. Vindue 2. Koblet ramme i sidefelt til venstre. Forsatsvindue i midterfeltet.



Figur 9. Vindue 2. Forsatsvindue i midterfeltet.

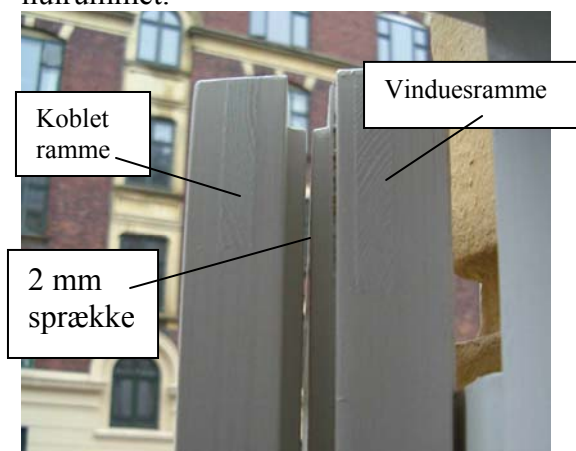
Vindue 2 er monteret i etageejendommen Florsgade 10 - 12, på Nørrebro i København. Se Figur 10.



Figur 10. Ejendommen i Florsgade på Nørrebro i København hvor vindue 2 og 3 er monteret.

2.3 Ventilation af koblede rammer

Hulrummene i ruderne er svagt ventilerede idet de ikke er tætnede udadtil og samtidig er der en ca. 2 mm spalte mellem selve vinduesrammen og den koblede ramme, se Figur 11. Da de koblede rammer er tætnet indadtil med gummilister, er hulrummet kun ventileret med udeluft, hvilket sikrer at der ikke opstår kondens på overfladerne i hulrummet.



Figur 11. Vinduesramme med koblet ramme. Svagt ventileret gennem smal sprække i samlingen.

De koblede rammer kan åbnes som vist på Figur 12 for at give adgang til at pudse ruderne i hulrummet.



Figur 12. De koblede rammer kan åbnes for at give adgang til at pudse glasset i hulrummet.

2.4 Vindue 3: Nyt vindue med energiruder.

Ramme/karm: Træ

Rude: 4 mm alm. float glas

15 mm hulrum (argon)

4 mm float glas med blød lavemissionsbelægning.

Det tredje vindue der blev målt på er et nyt typisk vindue af træ med 2-lags energiruder. Alle felter er oplukkelige. Udover rudetypen og ramme/karmprofilerne adskiller vindue 3 sig fra vindue 1 og 2 ved at midterfeltet er delt i to af en tværpost og alle felterne har samme bredde. Vindue 3 er vist i Figur 13 og Figur 14.



Figur 13. Vindue 3 set indefra.



Figur 14. Vindue 3 set udefra

3 Måling af U-værdi

3.1 Målemetode

Der er foretaget målinger af vinduernes U-værdi på deres aktuelle placering i de i afsnit 2 nævnte ejendomme. Målingerne er foretaget efter et simpelt måleprincip og en særlig forsøgsopstilling som beskrives i det følgende.

Princippet i U-værdimålingen er, at der monteres en isoleringsplade på indersiden af vindueshullet, således at der er et lukket hulrum mellem vindue og isoleringsplade. Hulrummet opvarmes til ca. samme temperatur som det bagvedliggende lokale ved at tilføre varme til hulrummet vha. en elektrisk varmemefolie. Idet der er samme temperatur på begge sider af isoleringspladen sker der ingen varmetransport i gennem denne og det samlede varmetab fra hulrummet vil derfor ske ud gennem vinduet idet der ses bort fra tab gennem siderne. Varmetabet gennem vinduet er derfor det samme som den afsatte effekt i varmemefolien i hulrummet, som direkte kan omregnes til vinduets U-værdi når temperaturerne på begge sider er kendte, dog under forudsætning af at der er stationære forhold, dvs. at varmemestrømmene og alle temperaturerne er konstante. I praksis er det dog svært at opnå ens temperatur på begge sider af isoleringspladen, og der er derfor korigeret for varmetransporten gennem isoleringspladen.

Isoleringspladen som er monteret på den indvendige side af vindueshullet er lavet af 50 mm polystyren. Pladen er fastgjort til de indvendige vinduespaneler vha. særlige metaltrådsanordninger mellem pladen og hasperne på vinduets inderside. Pladen er tætnet mod vinduespanelerne med epdm tætningsliste og tape, således at hulrummet mellem vinduet og polystyrenpladen er stort set tæt. Hulrummets dybde er ca. 40 cm ved de tre målinger afhængig af den aktuelle murtykkelse. Polystyrenpladen monteret foran vinduet er vist i **Figur 16**. Det er tilstræbt at opretholde en temperatur i hulrummet så tæt på temperaturen i de bagvedliggende lokale som muligt, for at minimere varmemestrømmen gennem polystyrenpladen.

I hulrummet mellem vindue og polystyrenplade er der placeret en såkaldt elektrisk varmemefolie, som kan levere en max effekt på 120 W. Se **Figur 15**. Varmefolien svarer til et almindeligt el-panel med lav effekt og formålet med det er at levere en kendt mængde varme ind til hulrummet. For at begrænse varmemestrålingen fra varmemefolien til ruden, er der monteret et stykke plexiglas mellem varmemefolien og vinduet.

Den afgivne effekt fra varmemefolien er målt præcist ud fra den leverede strømstyrke og den målte spændingsforskel over varmemefolien. Varmestrømmen gennem polystyrenpladen er bestemt ud fra temperaturerne på begge sider, tykkelsen af pladen og pladens varmeledningsevne.

På alle overflader og i hulrummet er der placeret temperaturfølere i form af termotråd type T. Pga. temperaturforskelle i top og bund er der placeret temperaturfølere i forskellige højder og ved beregningerne anvendes gennemsnitsværdier.

For at minimere varmetabet fra hulrummet ud gennem siderne af vindueshullet og videre ud gennem muren er der monteret mineraluldsplader uden på lysningspaneler-

ne i sider og top. Der vil dog stadig ske et begrænset varmetab ud gennem muren, men det vurderes at være så lille at det er negligeret.



Figur 15. Varmefolien placeret i mellem vindue og isoleringsplade samt diverse temperatur målinger.



Figur 16. 50 mm Polystyrenplade monteret på den indvendige side af vindueshullet.

Målingerne er foretaget om natten for at undgå solindfald gennem ruden, som vil påvirke varmebalancen. For at opnå stabile stationære forhold dvs. varmestrømme og temperaturer er konstante, er der for hvert vindue målt i ca. 8 timer. Ved behandling af måledata er der anvendt gennemsnitsværdier for det tidsrum hvor temperaturerne var mest stabile.

3.2 Ventilation af hulrum mellem glaslag

Som nævnt er vinduer med koblede/forsats rammer kun tætnet indadtil således at hulrummet mellem glassene er svagt ventileret med udeluft, hvilket sikrer at der ikke opstår kondens på overfladerne i mellemrummet.

Ved U-værdimålinger i guarded hot box på tilsvarende vinduer udført i forbindelse med tidligere projekter har det vist sig at luftstrømninger på den udvendige side af vinduet kan have stor indvirkning på den målte U-værdi pga. disse ”utætheder”. Ved hot box målinger blæser en ventilator luft hen over vinduets udvendige overflade for at simulere naturligt udeklima og skabe den ønskede udvendige overgangsisolans på $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$. Pga. sprækkerne mellem rammerne trækkes en del af denne luftstrøm ind gennem vinduet mellem de to glaslag, hvilket øger U-værdien. For at undersøge om dette også vil ske under virkelige forhold, blev der foretaget målinger, hvor åbningerne var lukkede med tape for at forhindre luftgennemstrømning, se Figur 17. Dog blev en åbning på ca. 2 cm bevaret i top og bund for at undgå kondensproblemer.



Figur 17. Spalten mellem vinduesramme og den koblede ramme blev ved en måling lukket med tape på nær ca. 2 cm i top og bund.

3.3 Måleresultater

Resultaterne af målingerne er vist i Tabel 1. resultaterne fra målingerne er yderligere beskrevet i bilag 1 til 4.

Tabel 1. Målte U-værdier for de tre vinduer.

Vindue nr og type	U-værdi (W/m ² K)
Vindue 1 Koblet Horsensgade, d. 20/3 2005	1,73
Vindue 1 Koblet. Tætnet med tape, Figur 17 Horsensgade, d. 21/3 2005	1,76
Vindue 2 Koblet + forsats Florsgade, d. 17/2 2006	1,72
Vindue 3 Vindue m forseglede energirude Florsgade, d. 19/2 2006	1,68

Det fremgår at Tabel 1, at U-værdimålingerne for de tre vinduer giver næsten samme resultat. U-værdien for vindue 3 med forseglede ruder er en anelse lavere end for de to andre vinduer, men afrundet til en decimal giver de alle sammen en U-værdi for hele vinduet på 1,7 W/m²K, på nær målingen på vindue 1 hvor sprækken mellem vinduesramme og den koblede ramme er lukket med tape. Denne giver mod forventning en anelse højere U-værdi end når der ikke er tape på. Det var forventet at U-værdien ville være uændret eller lidt lavere idet ventilationen ville være reduceret. Da målingerne fandt sted var det stort set vindstille hvilket forklarer hvorfor der ikke findes nogen tydelig effekt af at tætn vinduesrammerne. Til sammenligning er luftstrømmen ved guarded hot boks måling ganske kraftig. At den målte U-værdi for vinduet som er tætnet med tape er højere end uden tape, må skyldes usikkerheder ved målingerne.

4 Beregninger

Vha. simuleringsprogrammet Therm /2/ er der foretaget beregninger af U-værdien af de enkelte ramme/karmprofiler som indgår i vinduerne med koblede og forsatsrammer og herudfra er den samlede U-værdi for hele vinduet beregnet.

Der er ikke lavet beregninger for vindue 3 med energiruder.

Sollystransmittansen, τ , og den totale solenergitransmittans, g , for ruderne er beregnet vha. af programmerne Glas 02 / 6/ og WIS / 3/.

4.1 Beregningsmetode til bestemmelse af U-værdi

Beregningerne er foretaget i henhold til beregningsmetoden for vinduer med stor glassestand / 5/ som blev udviklet på BYG-DTU i forbindelse med projektet "*Udredning vedrørende energimærkning af forsatsvinduer, glasfacader og ovenlys*".

Denne beregningsmetode adskiller sig fra standardmetoden beskrevet i ISO 10077-2 / 4/ ved at der regnes på den konkrete rudekonstruktion på basis af opnåelse af en energibalance i stedet for at erstatte ruden af et isoleringspanel og efterfølgende indsætte ruden med fast materiale med samme varmeledningsevne.

Beregningsprincippet medfører, at ramme/karmkonstruktionernes U-værdi afhænger af den aktuelle rude. I øvrigt regnes der ikke med linietabskoefficient.

4.2 Randbetingelser

Ved U-værdiberegningerne er der anvendt følgende randbetingelser ifølge ISO 10077-2.

$T_{\text{inde}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$,	Temperatur inde
$T_{\text{ude}} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$,	Temperatur ude
$h_u = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$	Udvendigt varmeovergangstal
$h_i = 7,69 \text{ W/m}^2\text{K}$	Indvendigt varmeovergangstal
$h_r = 5 \text{ W/m}^2\text{K}$	varmeovergangstal for reduceret stråling

Lukkede hulrum og hulrum med spaltebredde $< 2\text{mm}$ er regnet som uventilerede.

Hulrum med forbindelse til det fri med spaltebredde $< 10 \text{ mm}$ er regnet som let ventilerede.

4.3 Energitilskuddet

Vinduers energitilskud defineres som den tilførte solenergi minus varmetabet gennem vinduet i fyringssæsonen. Energitilskuddet, E_{Ref} , er baseret på en typisk fordeling af vinduerne mod de fire verdenshjørner og er bestemt ved følgende udtryk:

$$E = 196,4 \cdot g - 90,36 \cdot U,$$

Et stort energitilskud, som er ønskeligt i opvarmningsdominerede bygninger i dansk klima, opnås for høje g -værdier og lave U -værdier / 1/.

4.4 Beregningsresultater

Beregninger foretaget i et tidligere projekt viste at vinduer med hhv. koblede og forsatsrammer har stort set samme U-værdi, så længe de overordnede dimensioner og materialerne er de samme. Derfor er det antaget, at vindue 2 har samme energimærkningsdata som vindue 1.

Der er ikke foretaget beregninger af de energimæssige egenskaber for vindue 3, da der ikke forelå tegninger af de anvendte profiler.

Resultaterne fra beregningerne er vist i Tabel 2

Tabel 2. Beregnede energimærkningsdata for vindue 1 og 2.

Vindue	Rude			Ramme/karm U-værdi (W/m ² K)					Vindue			
	τ	g	U W/m ² K	Bund	Top	Side	Lodpost	Tværpost	τ	g	U W/m ² K	E kWW/m ²
1 og 2	0,76	0,74	1,78	1,44	1,42	1,44	1,60	1,63	0,45	0,47	1,68	-62

5 Sammenligning af målte og beregnede U-værdier

I Tabel 3 er de målte og beregnede U-værdier vist for de tre vinduer.

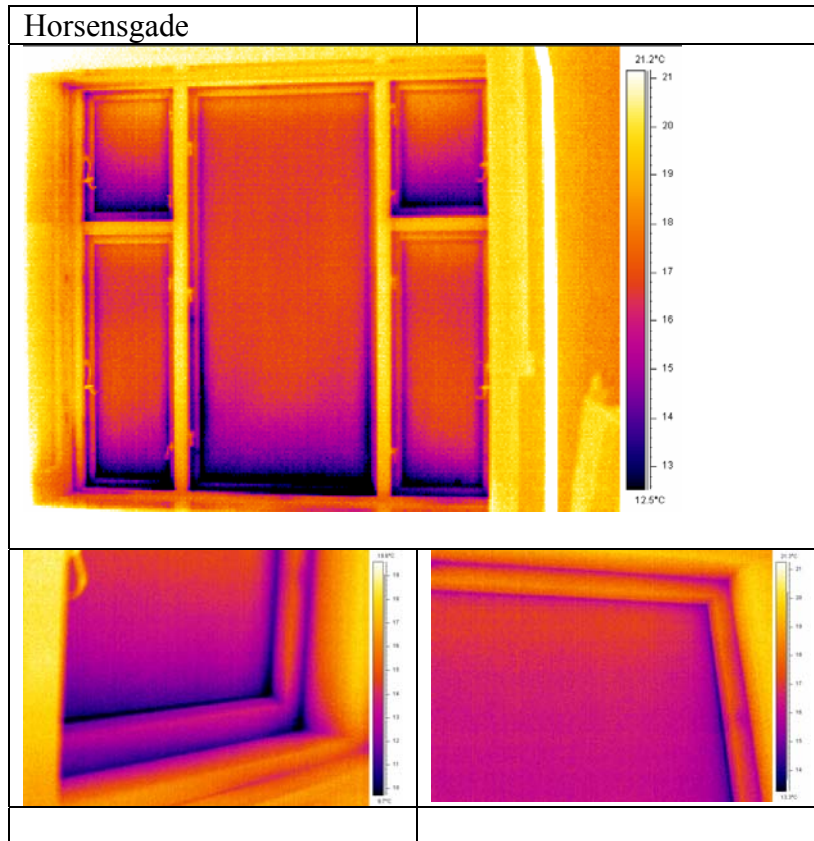
Tabel 3. Målte og beregnede U-værdier for de tre vinduer ($\text{W/m}^2\text{K}$).

Vindue nr.	Målt	Beregnet
1	1,73	1,69
2	1,72	1,69
3	1,68	

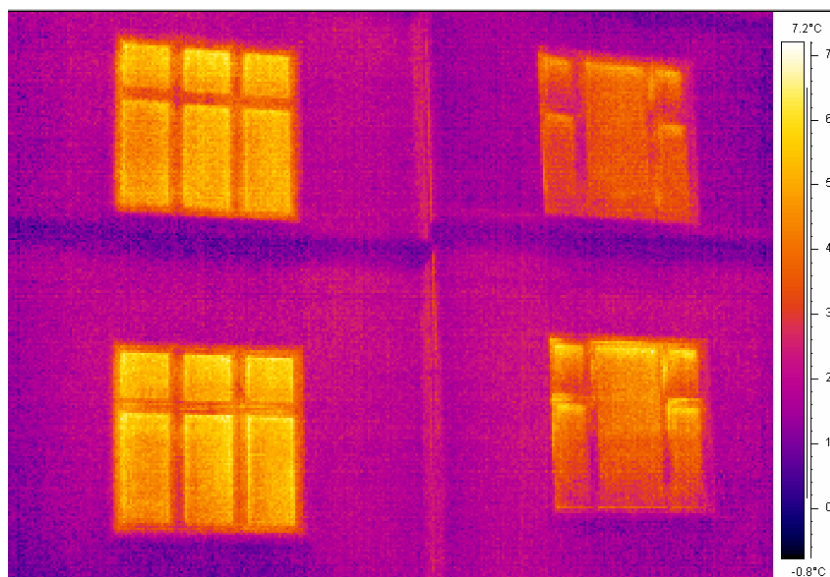
Det fremgår af Tabel 3, at de målte og beregnede værdier ligger meget tæt. Den lille forskel mellem målt og beregnet er mindre end usikkerheden ved målingerne, så det må konkluderes at måling og beregning giver samme resultat.

6 Termografiske billeder

For at visualisere de termiske egenskaber af de omtalte vinduer er der taget billeder af dem med et termografisk kamera.

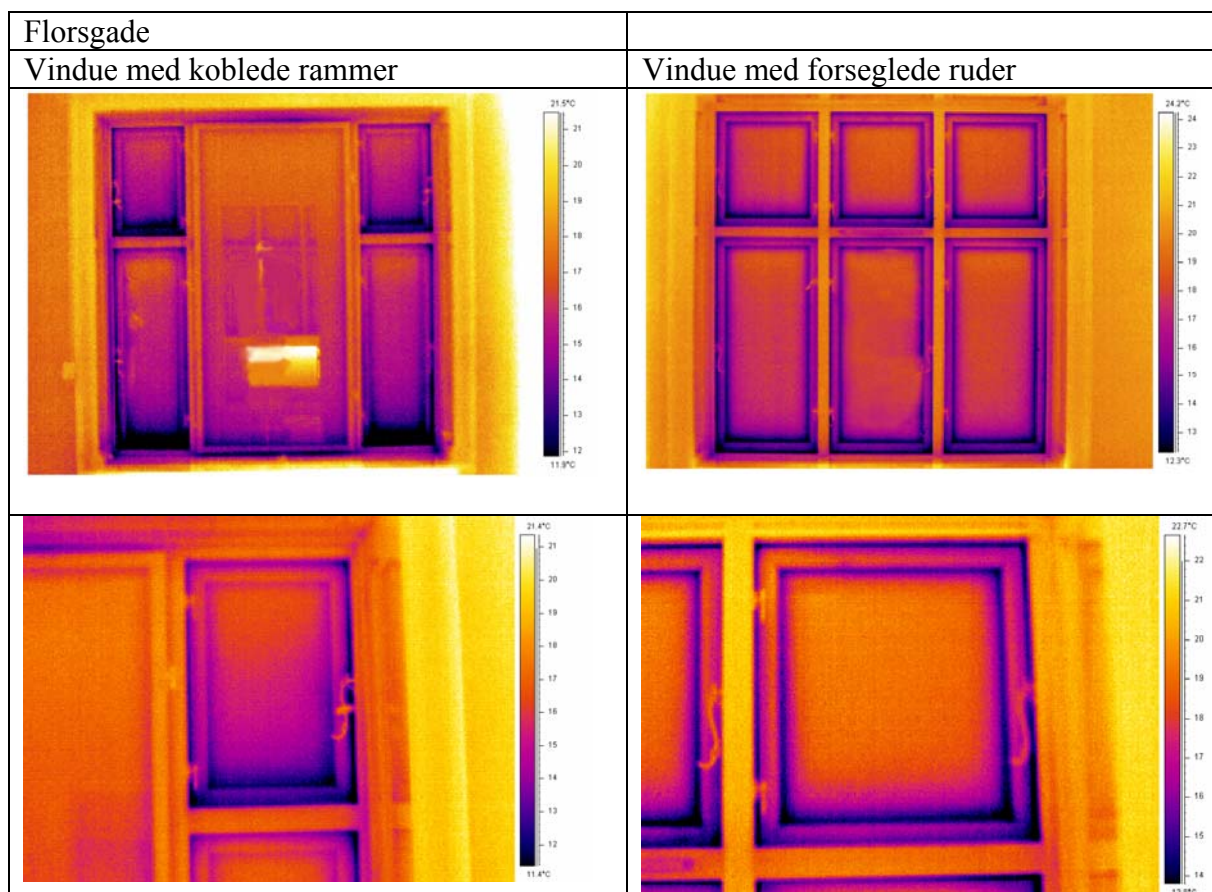


Figur 18. Termografiske billede af vindue 1.



Figur 19. Vinduerne set udefra. Tv. ses eksisterende ”almindelige vinduer med 2-lags forseglede ruder. Th. ses vinduerne med koblede rammer.

Det fremgår af Figur 19, at den udvendige overflade er koldere på vinduerne med koblede rammer th. end overfladen på de "almindelige" vinduer med forseglede ruder tv. Dette indikerer at vinduerne med koblede rammer isolerer bedre end dem tv. Det skal dog bemærkes at det ikke vides om vinduerne tv. På figuren har almindelige termoruder eller nye energiruder. Endvidere afhænger overfladetemperaturer af indetemperaturene i de bagvedliggende lokaler og disse var ikke kendte på det pågældende tidspunkt.



Figur 20. Termografiske billede af vindue 2 og 3.

Det fremgår af billederne på Figur 20 at der er stor forskel på temperaturfordelingen på overfladerne af vinduerne for de to vinduestyper.

De termografiske billeder viser, at der for vinduet med 2-lags energiruder er en tydelig kuldebro hele vejen rundt i kanten af ruderne forårsaget af afstandsskinne som har en høj varmeledningsevne. Varmetabet gennem vinduerne med koblede rammer/fosatsvindue er mere jævnt fordelt over hele vinduet da der ikke er egentlige kuldebroer. Der ses dog en tydelig temperaturvariation vertikalt på vinduet, hvor der på indersiden er koldest for neden og varmest for oven, hvilket sandsynligvis skyldes konvektion i hulrummet mellem glassene.

7 Konklusion

Der er i forbindelse med projektet udført målinger og beregninger af U-værdier for to frederiksbergvinduer af træ med koblede rammer. Vinduerne er bygget som traditionelle vinduer fra 1920. Til sammenligning er der også målt på et typisk nyt frederiksbergvindue med 2-lags forseglede energiruder. Alle vinduerne måler ca. 1660 x 1700 mm

Målingerne er foretaget under realistiske forhold om vinteren i to etageejendomme i København hvor vinduerne er monteret. De tre målte U-værdier ligger ganske tæt. Efter afrunding er den målte U-værdi $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ for alle tre vinduer. Dette indikerer, at de to typer vinduer, 1 + 1 vindue med koblede rammer og typisk nyt vindue med 2-lags energirude, har omtrent lige gode isolerende egenskaber vel at mærke for den aktuelle størrelse og vindueskonfiguration med lod- og tværposter.

Der er dog stor forskel på hvordan varmetabet fordeler sig på vinduet. Termografiske billeder viser, at der for vinduet med 2-lags energiruder er en tydelig kuldebro hele vejen rundt i kanten af ruderne forårsaget af afstandsskinnerne som har en høj varmeledningsevne. Varmetabet gennem 1+1 vinduerne er mere jævnt fordelt over hele vinduet da der ikke er egentlige kuldebroer. Der ses dog en tydelig temperaturvariation vertikalt på vinduet, hvor der på indersiden er koldest for neden og varmest for oven, hvilket sandsynligvis skyldes konvektion i hulrummet mellem glassene.

Det skal dog nævnes at målingerne er forbundet med en vis usikkerhed. Bl.a. blev målingerne foretaget på forskellige tidspunkter, som ikke havde samme grænsebetingelser idet ude- og indetemperaturen samt vindforholdene ude ikke var de samme. Selv om der ved resultatbehandlingen blev taget højde for disse forskelle kan de have indflydelse.

8 Referencer

- / 1/ Bestemmelse af de varmetekniske egenskaber af forsatsvinduer og gl. koblede vinduer - eksperimentelt og beregnet, sagsrapport, BYG•DTU SR03-17, 2003

- / 2/ THERM version 5.2: *A PC Program for Analyzing Two-Dimensional Heat Transfer Through Building Products*. Window and Daylighting Group, Building Technologies Program, Lawrence Berkely National Laboratory. Berkely, CA 94720 USA.

- / 3/ WIS, Advanced Windows Information System. TNO Building and Construction Research, The Netherlands, 1996.

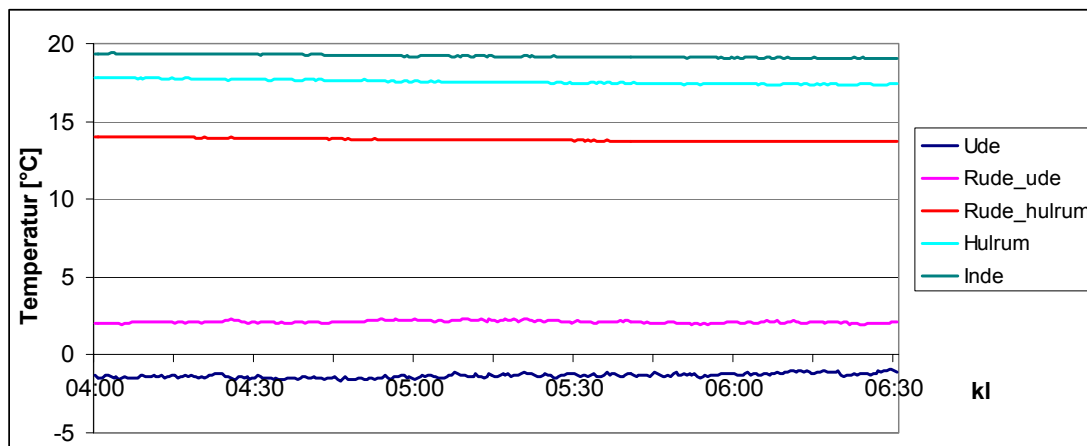
- / 4/ ISO 10077-2 Windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance -Part 2: Numerical methods for frames, 2001

- / 5/ Beregningsmetode for bestemmelse af forsatsvinduers energimæssige egenskaber 2001. Danmarks tekniske Universitet, BYG•DTU.
<http://www.energimarkning.dk/Dokumenter/BeregningsmetodeForsatsvinduer.pdf>

- / 6/ Glas 02, Pilkington Glas02.dk, version 2002©

Bilag 1. U-værdimåling for vindue 1, Horsensgade, koblede rammer.

Målinger foretaget den 20 marts 2005. Da temperaturen varierer i forhold til højden er der ved beregningerne anvendt middelværdier af temperaturer målt i forskellige højder. I Figur 21 er de vigtigste temperaturer vist.



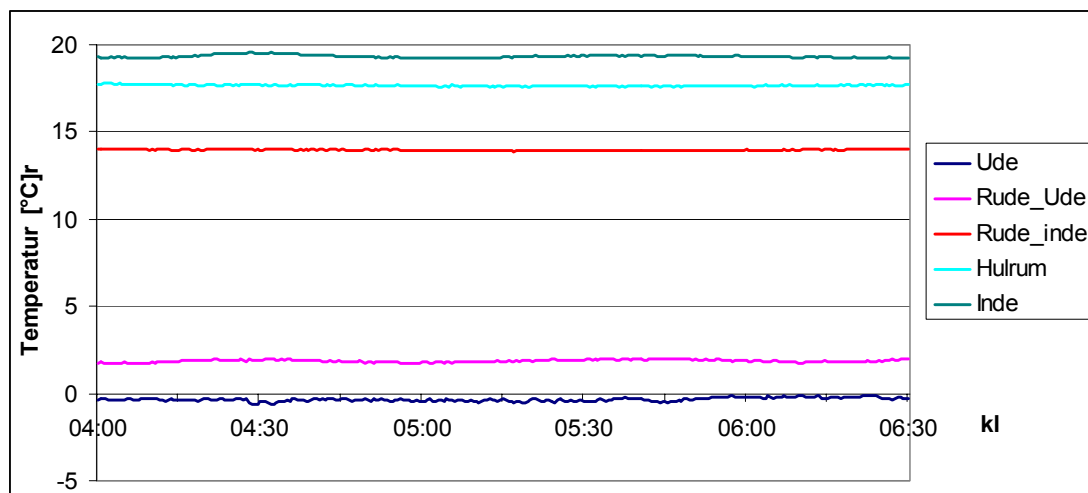
Figur 21. Temperaturer målt. Vindue 1, Horsensgade.

Tabel 4. Resultater af målinger for vindue 1, Horsensgade .

Dimensioner vindue og polystyrenplade:		
Højde, h	1,66	m
Bredde, b	1,70	m
Areal, A	2,82	m ²
Målte temperaturer:		
T _{ude}	-1,33	°C
T _{Hulrum mellem vindue og polystyrenplade}	17,56	°C
ΔT, over vinduet	18,89	K
T _{inde, lokale}	19,21	°C
ΔT, over polystyrenplade	1,64	K
Varmefolie:		
Spændingsforskel, U	22,45	V
Strømstyrke, I	3,99	A
Afsat effekt, P	89,56	W
Polystyrenplade:		
Tykkelse, s	0,05	m
Varmeledningsevne, λ	0,0339	W/mK
Isolans plade, R _p	1,47	m ² K/W
Overgangsisolans, R _i	0,13	m ² K/W
Samlet isolans, R	1,73	m ² K/W
Transmissionskoefficient, U _p	0,58	W/m ² K
Varmestrømmen gennem pladen, Q _p	2,67	W
Vindue:		
Varmestrømmen, Q _v	92,23	W
U-værdi	1,73	W/m ² K

Bilag 2. U-værdimåling for vindue 1, Horsensgade, koblede rammer. Spalte mellem rammer lukket med tape

Målinger foretaget den 21 marts 2005. Da temperaturen varierer i forhold til højden er der ved beregningerne anvendt middelværdier af temperaturer målt i forskellige højder. I Figur 22 er de vigtigste temperaturer vist.



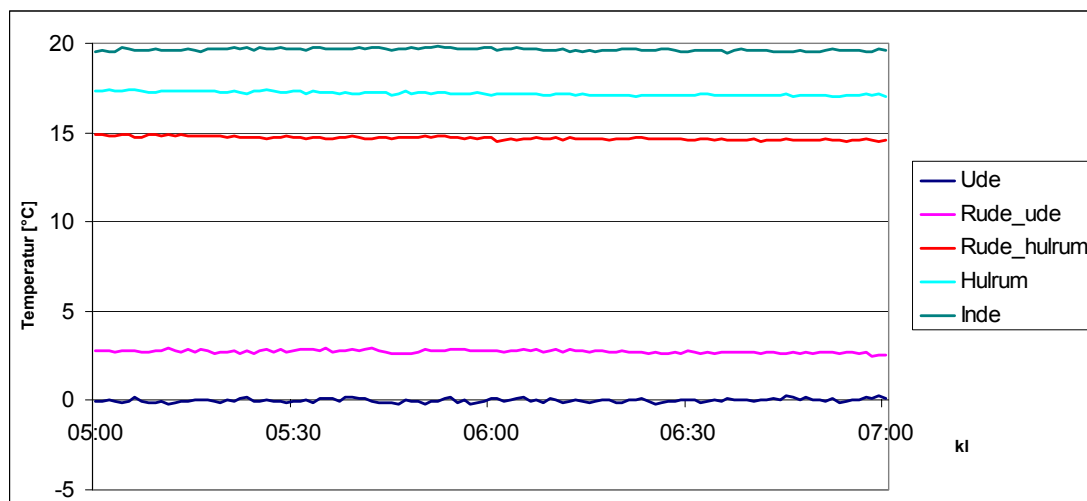
Figur 22. Temperaturer målt. Vindue 1 tætnet med tape, Horsensgade.

Tabel 5. Resultater af målinger for vindue 1 tætnet med tape, Horsensgade .

Dimensioner vindue og polystyrenplade:		
Højde, h	1,66	m
Bredde, b	1,70	m
Areal, A	2,82	m ²
Målte temperaturer:		
T _{ude}	-0,12	°C
T _{Hulrum mellem vindue og polystyrenplade}	18,22	°C
ΔT, over vinduet	18,34	K
T _{inde, lokale}	19,36	°C
ΔT, over polystyrenplade	1,14	K
Varmefolie:		
Spændingsforskel, U	22,45	V
Strømstyrke, I	3,98	A
Afsat effekt, P	89,39	W
Polystyrenplade:		
Tykkelse, s	0,05	m
Varmeledningsevne, λ	0,0339	W/mK
Isolans plade, R _p	1,47	m ² K/W
Overgangsisolans, R _i	0,13	m ² K/W
Samlet isolans, R	1,73	m ² K/W
Transmissionskoefficient, U _p	0,58	W/m ² K
Varmestrømmen gennem pladen, Q _p	1,85	W
Vindue:		
Varmestrømmen, Q _v	91,24	W
U-værdi	1,76	W/m ² K

Bilag 3. U-værdimåling for vindue 2, Florsgade, kob-lede rammer.

Målinger foretaget den 16 februar 2006. Da temperaturen varierer i forhold til højden er der ved beregningerne anvendt middelværdier af temperaturer målt i forskellige højder. I Figur 23 er de vigtigste temperaturer vist.



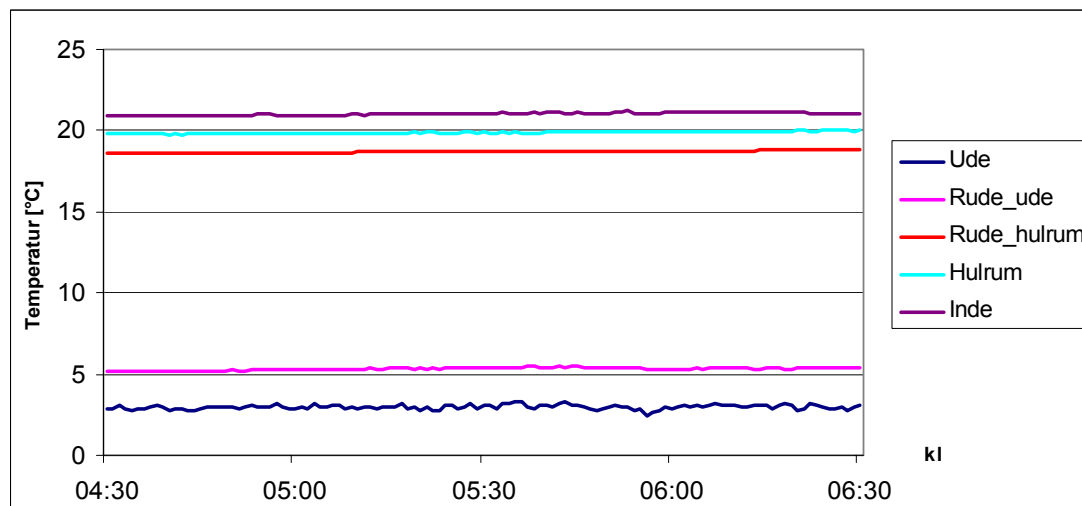
Figur 23. Temperaturer målt. Vindue 2, Florsgade.

Tabel 6. Resultater af målinger for vindue 2, Florsgade.

Dimensioner vindue og polystyrenplade:		
Højde, h	1,66	m
Bredde, b	1,70	m
Areal, A	2,82	m ²
Målte temperaturer:		
T _{ude}	0,03	°C
T _{Hulrum mellem vindue og polystyrenplade}	17,14	°C
ΔT, over vinduet	17,11	K
T _{inde, lokale}	19,59	°C
ΔT, over polystyrenplade	2,44	K
Varmefolie:		
Spændingsforskel, U	21,70	V
Strømstyrke, I	3,64	A
Afsat effekt, P	78,93	W
Polystyrenplade:		
Tykkelse, s	0,05	m
Varmeledningsevne, λ	0,0339	W/mK
Isolans plade, R _p	1,47	m ² K/W
Overgangsisolans, R _i	0,13	m ² K/W
Samlet isolans, R	1,73	m ² K/W
Transmissionskoefficient, U _p	0,58	W/m ² K
Varmestrømmen gennem pladen, Q _p	3,97	W
Vindue:		
Varmestrømmen, Q _v	82,90	W
U-værdi	1,72	W/m ² K

Bilag 4. U-værdimåling for vindue 3, Florsgade, forseglede energiruder.

Målinger foretaget den 19 februar 2006. Da temperaturen varierer i forhold til højden er der ved beregningerne anvendt middelværdier af temperaturer målt i forskellige højder. I Figur 24 er de vigtigste temperaturer vist.



Figur 24. Temperaturer målt. Vindue 3, Florsgade.

Tabel 7. Resultater af målinger for vindue 3, Florsgade.

Dimensioner vindue og polystyrenplade:		
Højde, h	1,66	m
Bredde, b	1,70	m
Areal, A	2,82	m ²
Målte temperaturer:		
T _{ude}	2,96	°C
T _{Hulrum mellem vindue og polystyrenplade}	19,94	°C
ΔT, over vinduet	16,98	K
T _{inde, lokale}	21,31	°C
ΔT, over polystyrenplade	1,36	K
Varmefolie:		
Spændingsforskel, U	21,80	V
Strømstyrke, I	3,59	A
Afsat effekt, P	78,23	W
Polystyrenplade:		
Tykkelse, s	0,05	m
Varmeledningsevne, λ	0,0339	W/mK
Isolans plade, R _p	1,47	m ² K/W
Overgangsisolans, R _i	0,13	m ² K/W
Samlet isolans, R	1,73	m ² K/W
Transmissionskoefficient, U _p	0,58	W/m ² K
Varmestrømmen gennem pladen, Q _p	2,22	W
Vindue:		
Varmestrømmen, Q _v	80,45	W
U-værdi	1,68	W/m ² K

